



#2  
BT  
6-20-02

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Takayuki SHOJI, et al.

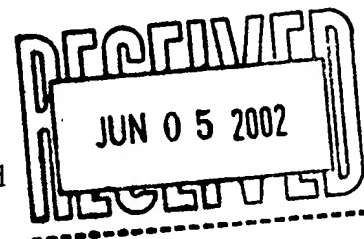
Appln. No.: 10/075,765

Group Art Unit: 1751

Confirmation No.: 9495

Examiner: Unassigned

Filed: February 15, 2002



For: LITHIUM-MANGANESE COMPLEX OXIDE, PRODUCTION METHOD THEREOF  
AND USE THEREOF

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to  
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to  
acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

Peter D. Olexy  
Registration No. 24,513

SUGHRUE MION, PLLC  
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20037-3213  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Japan 2001-039799

Date: May 31, 2002

RECEIVED  
JUN 03 2002  
TC 1700



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-039799

[ST.10/C]:

[JP2001-039799]

出 願 人

Applicant(s):

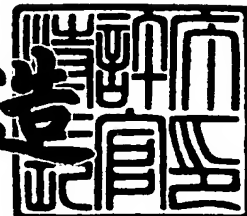
東ソー株式会社

RECEIVED  
JUN 03 2002  
TC 1700

2002年 3月 1日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3012461

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 PA211-0392  
 【あて先】 特許庁長官  
 【国際特許分類】 C01D 15/02  
 H01M 10/36

【発明者】

【住所又は居所】 山口県新南陽市土井 2-15-4-102

【氏名】 庄司 孝之

【発明者】

【住所又は居所】 山口県徳山市大字下上 2140 番地の 8

【氏名】 山本 和明

【特許出願人】

【識別番号】 000003300

【氏名又は名称】 東ソー株式会社

【代表者】 田代 圓

【電話番号】 (03)5427-5134

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003610

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 リチウムマンガン複合酸化物とその製造方法並びにその用途

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一般式  $Li_{1+X}Mn_{2-Y}M_YO_{4+\delta}$  (式中Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上であり、 $0.02 \leq X \leq 0.10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$ 、 $-0.2 \leq \delta \leq 0.2$ ) で表され、CuK $\alpha$ による粉末X線回折の(400)面の半値幅が $0.22^\circ$ 以下であり、SEM観察による結晶粒子の平均径が $2\mu$ 以下であることを特徴とするスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物。

【請求項2】 BET比表面積が $1.0\text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載のスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物。

【請求項3】 電解二酸化マンガンをもangan原料として、M (Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上)の金属塩水溶液中で攪拌しながらアルカリを加えて得られるMn-M複合酸化物スラリー。

【請求項4】 請求項3で得たMn-M複合酸化物スラリーにリチウム原料を加えて大気中、または、高濃度酸素雰囲気中(純粋酸素雰囲気中を含む)で焼成することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のリチウムマンガン複合酸化物の製造方法。

【請求項5】 リチウム、リチウム合金及びリチウムを吸蔵放出可能な化合物から選ばれる少なくとも1種類以上を負極に、非水電解質を電解質に、請求項1又は請求項2に記載のリチウムマンガン複合酸化物を正極に用いたリチウム二次電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はリチウムマンガン酸化物の改良に関するものであって、詳しくは、一般式  $Li_{1+X}Mn_{2-Y}M_YO_{4+\delta}$  (式中Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上であり、 $0.02 \leq X \leq 0$

、 $10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$ 、 $-0.2 \leq \delta \leq 0.2$ ) で表され、SEM 観察による結晶粒子の平均径が  $2 \mu$  以下であり、 $\text{CuK}\alpha$  による粉末 X 線回折の ( $400$ ) 面の半値幅が  $0.22^\circ$  以下であることを特徴とするスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物、及び、その BET 比表面積が  $1.0 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  以下であることを特徴とするスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物、さらにはこれらを製造可能とする  $\text{Mn}-\text{M}$  複合酸化物スラリー原料とこれらの製造方法、及び、そのリチウムマンガン酸化物を正極活物質に用いるリチウム二次電池に関するものである。

## 【0002】

リチウム二次電池は、高エネルギー密度であることから、次世代を担う新型二次電池として幅広い分野への適用が進められており、既に一部で実用化されたものも含めて、さらなる高性能化を目指した研究が進められている。

## 【0003】

マンガン系材料は、原料のマンガンが資源的に豊富で安価、かつ、環境に対して優しい材料であることから有望な材料のひとつである。

## 【0004】

## 【従来の技術】

モバイル機器の普及に伴って、小型、軽量、高エネルギー密度のリチウム二次電池が強く望まれるようになり、負極にリチウムを吸蔵、放出可能な炭素質材料を用いたリチウムイオン電池が実用化された。

## 【0005】

現在のリチウムイオン電池の正極材料には、リチウムコバルト酸化物（以下  $\text{LiCoO}_2$  と表記）が主に使用されているが、コバルト原料が高価であることから代替材料の開発が望まれている。

## 【0006】

$\text{LiCoO}_2$  に代わる  $4 \text{ V}$  級の起電力を示す正極材料としては、リチウムニッケル酸化物（以下  $\text{LiNiO}_2$  と表記）やリチウムマンガンスピネル（以下  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  と表記）が挙げられるが、資源的に豊富で安価であり、環境への影響が小さいこと、電池にした場合の安全性が確保し易いことなどから、ハイブリッド

タイプの電気自動車用電池や燃料電池用補助電源として  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  が最も優れた正極材料と考えられており、実用化に向けて精力的な研究開発が行われている。

#### 【0007】

しかしながら、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  は高温安定性、すなわち、高温における充放電での容量低下や保存特性などに問題があることが指摘されており、この課題の解決が望まれていた。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、高温安定性を改良したリチウムマンガン酸化物とその製造方法を提案し、さらに、この化合物を正極活物質に用いた高出力なリチウム二次電池を提供することにある。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

$\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の高温安定性、すなわち、高温での充放電サイクル特性や保存特性を向上させることを目的に鋭意検討を行った結果、電解二酸化マンガンをもangan原料として、あらかじめM（Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VII族から選ばれる少なくとも一種以上）の金属塩水溶液中で攪拌しながらアルカリを加えてMn-M複合酸化物スラリー原料を製造し、これにリチウム原料を加えて大気中、または、高濃度酸素雰囲気中（純粋酸素雰囲気中を含む）、即ち、酸素濃度が18～100%の雰囲気中で焼成することによって、一般式  $\text{Li}_{1+X}\text{Mn}_{2-Y}\text{M}_Y\text{O}_{4+\delta}$ （式中Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VII族から選ばれる少なくとも一種以上であり、 $0.02 \leq X \leq 0.10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$ 、 $-0.2 \leq \delta \leq 0.2$ ）で表され、CuK $\alpha$ による粉末X線回折の(400)面の半値幅が $0.22^\circ$ 以下であり、且つ、SEM観察による結晶粒子の平均径が $2\mu$ 以下のスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物、及び、BET比表面積が $1.0\text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 以下のスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物が合成可能であり、さらに、これをリチウム二次電池の正極活物質に用いることで、従来の材料では達成することがで

きなかった高温安定性が大幅に改良されたマンガン系リチウム二次電池が構成できることを見出し、本発明を完成するに至った。

#### 【0010】

以下、本発明を具体的に説明する。

#### 【0011】

本発明は、一般式  $\text{Li}_{1+X}\text{Mn}_{2-Y}\text{M}_Y\text{O}_{4+\delta}$  (式中Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上であり、 $0.02 \leq X \leq 0.10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$ 、 $-0.2 \leq \delta \leq 0.2$ ) で表されるスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物である。

#### 【0012】

本発明の化合物は、リチウム、マンガン、金属元素M(ここで、Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上の元素)、および酸素で構成され、立方最密充填した酸素パッキングの四面体位置にリチウムが、八面体位置にマンガンと金属元素M、又はリチウムとマンガン並びに金属元素Mが占有している。Mとしては、Mg、Ni、Al、Feなどが例示される。通常、四面体位置と八面体位置の数の比率は1:2であり、リチウム、マンガン、金属元素Mの各サイトの占有率は上記一般式の範囲であればスピネル型結晶構造の酸化物となる。この場合、四面体位置を8aサイト、八面体位置を16dサイトとよんでいる。

#### 【0013】

本発明のリチウムマンガン酸化物は、リチウム、マンガンおよび酸素の各元素以外に第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上の元素を含むことが重要である。これらの元素を含有させることによって高温での安定性が改善される。これらの元素の含有量は、一般式  $\text{Li}_{1+X}\text{Mn}_{2-Y}\text{M}_Y\text{O}_{4+\delta}$  において、 $0.02 \leq X \leq 0.10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$ 、 $-0.2 \leq \delta \leq 0.2$  であることが特に重要である。Xの値がこれを超えて小さいと十分な高温安定性が保てず、これを超えて大きいと高温安定性は保てるが満足な充放電容量が得られない。また、Yの値がこれを超えて小さいと元素Mの含有効果が小さいため満足な高温安定性が保てず、これを超えて大きいと高温

安定性は保てるが十分な充放電容量が得られない。最適なX、及び、Yの範囲は、一般式  $\text{Li}_{1+X}\text{Mn}_{2-Y}\text{M}_Y\text{O}_{4+\delta}$  において、 $0.02 \leq X \leq 0.10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$  である。

## 【0014】

本発明のリチウムマンガン酸化物は、SEM観察による結晶粒子の平均径が2  $\mu$  以下であり、且つ、CuK $\alpha$ による粉末X線回折の(400)面の半値幅が0.22°以下であることが必須である。本発明のリチウムマンガン酸化物は、スピネル構造の16dサイトにそれぞれイオン半径の異なるLiとMn、及び、M(Mは第2、第3周期のIIa族、IIIb族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上元素)が均一に分散していることが重要であり、これらが均一に分散していれば単一相となるため粉末X線回折の半値幅は十分小さくなり問題ないが、これら元素が偏析しているとそれらのイオン半径に依存して格子定数の異なる結晶粒子の集合体となるため、格子定数の少しずつ異なるスピネル型結晶の集合体となり粉末X線回折の半値幅は増大する。すなわち、粉末X線回折の半値幅は結晶粒子間の組成の不均一性をあらわす指標であり、これが大きいとこれらの元素Mを含有させることによる高温安定性の改善効果が十分に発揮できない。

## 【0015】

本発明のリチウムマンガン酸化物は、SEM観察による結晶粒子の平均径が2  $\mu$  以下であり、かつ、BET比表面積が $1.0 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 以下であることが重要である。リチウムマンガン酸化物の結晶粒子は、酸素欠陥を介して粒成長する性質があり、SEM観察による結晶粒子が5  $\mu$  以上のものは高温安定性を損なう酸素欠陥を多く内在している。結晶粒子径が2  $\mu$  以下であれば実質的に酸素欠陥の影響がほとんどなく、その結晶粒子が均一にそろっていることは特に好ましい。一方、結晶粒子が小さいとBET比表面積が大きくなり、電解液との接触面積が増えるためハイレート充放電に対しては有利な傾向があるが、高温安定性の低下、電極作製時の作業性、歩留まりなどが悪くなる。BET比表面積を小さくするには結晶粒子を大きくすればよいが、結晶粒子があまりにも大きいと上記のような理由で満足な高温安定性を得ることができない。そのため、結晶粒子



の平均径が  $2\ \mu$  以下であり、かつ、BET比表面積が  $1.0\ \text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  以下であることがとくに重要である。

#### 【0016】

本発明で示すように、高温安定性を大幅に改善する為には、化学組成、すなわち、これまでに知られているような金属元素M（Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種類以上の元素）が単に添加されているのみでなく、その粉末X線回折の（400）面の半値幅が  $0.22^\circ$  以下であることが重要であり、SEM観察による結晶粒子の平均径が  $2\ \mu$  以下、かつ、BET比表面積が  $1.0\ \text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  以下であることが特に重要である。これらによって、十分な高温安定性を得ることが初めて可能となる。

#### 【0017】

本発明のリチウムマンガン酸化物は、電解二酸化マンガンをマンガン原料として、M（Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種類以上）の金属塩水溶液中で攪拌しながらアルカリを加えることで製造されるMn-M複合酸化物スラリーを原料とすることで製造できる。これにリチウム原料を加えた大気中、または、高濃度酸素雰囲気中（純粋酸素雰囲気中を含む）、即ち、酸素濃度18～100%の雰囲気中で焼成することによって本発明のリチウムマンガン酸化物が得られる。

#### 【0018】

本発明のリチウムマンガン酸化物の合成において、電解二酸化マンガンをマンガン原料として用いることが重要である。電解二酸化マンガンは、通常、BET比表面積が約  $30 \sim 40\ \text{m}^2/\text{g}$  と大きく、これをM（Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種類以上）の金属塩水溶液中で攪拌することで、Mをその表面に均一に吸着させることができ、さらに、アルカリを加えてこれを表面に固定化させることができる。攪拌は室温で行っても良いが水溶液の沸点以下の高温で行っても良い。合成に用いる金属元素Mの原料は、水溶性の塩であればいかなるものを用いてもよく、硝酸塩、硫酸塩、等が例示される。このようにして製造したMn-M複合酸化物スラリーは、そのまま用いてもよいが、乾燥してから用いてもよく、また、焼成して例えばMを含

有する $Mn_2O_3$ や $Mn_3O_4$ のような低級酸化物にしてから用いてもよい。

【0019】

合成に用いるリチウム原料は、例えば、炭酸リチウム、水酸化リチウム、硝酸リチウム、酢酸リチウム、ヨウ化リチウムなどの、マンガン酸化物と500℃以下の温度で複合化反応が始まる化合物であればいかなるものを用いても良く、これらを乾式で混合しても、スラリー化あるいは溶解して湿式で混合してもよいが、混合性あるいは溶解性をよくするために平均粒径が5  $\mu m$ 以下、さらに望ましくは2  $\mu$ 以下のリチウム原料を用いることが特に好ましい。

【0020】

本発明のリチウムマンガン酸化物を得る為の焼成は、大気中もしくは高濃度酸素雰囲気中（純粋酸素雰囲気を含む）、即ち、酸素含有量が18%～100%の酸素雰囲気中で行い、焼成温度は700℃以上950℃以下の範囲が望ましい。これより低温ではBET比表面積を十分小さくするために非常に長時間を要し、これより高温では結晶粒子が異常成長し易くなる。さらに、リチウムマンガン酸化物は高温時に酸素を放出吸収する性質があることから、酸素の吸収を考慮して焼成後の冷却速度を1時間当たり20℃以下の速度で行うことはさらに好ましい。

【0021】

本発明のリチウム二次電池の負極としては、リチウム金属、リチウム合金、リチウムを予め吸蔵した、リチウムを吸蔵放出可能な化合物を用いることができる。

【0022】

リチウム合金としては、本発明を制限するものではないが、例えば、リチウム／スズ合金、リチウム／アルミニウム合金、リチウム／鉛合金等が例示される。

【0023】

リチウムを吸蔵放出可能な化合物としては、本発明を制限するものではないが、例えば、グラファイトや黒鉛等の炭素材料や、鉄の酸化物、コバルトの酸化物が例示される。

【0024】

また、本発明のリチウム二次電池の電解質は、特に制限されないが、例えば、炭酸プロレン、炭酸ジエチル等のカーボネート類や、スルホラン、ジメチルスルホキシド等のスルホラン類、 $\gamma$ -ブチロラクトン等のラクトン類、ジメチルスルホキシド等のエーテル類の少なくとも1種類以上の有機溶媒に、過塩素酸リチウム、四フッ化ホウ酸リチウム、六フッ化リン酸リチウム、トリフルオロメタンスルホン酸等のリチウム塩の少なくとも1種類以上を溶解したものや、無機系および有機系のリチウムイオン導電性の固体電解質などを用いることができる。

## 【0025】

以下に、本発明の具体例として実施例を示すが、本発明はこれらの実施例により制限されるものではない。

## 【0026】

なお、本発明の実施例および比較例における粉末X線回折測定は、以下に示す方法で行った。

## 【0027】

## 粉末X線回折測定

測定機種	マックサイエンス社製 MXP3
照射X線	Cu K $\alpha$ 線
測定モード	ステップスキャン
スキャン条件	2 $\theta$ として0.04°
計測時間	5秒
測定範囲	2 $\theta$ として5° から80°

また、BET比表面積は窒素吸着法によって、また、平均粒子径はマイクロトラックによって測定した。

## 【0028】

## 【実施例】

## [リチウムマンガン複合酸化物の製造]

## 実施例1

( $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_4$ の合成)

実施例1として、 $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_4$ を以下の方法によって行った。

## 【0029】

硫酸マグネシウム0.054モル/Lの水溶液1Lに電解二酸化マンガンを87gを投入して80℃に加温しながら攪拌し、これに3wt%のアンモニア水100mlを約2時間かけて滴下しさらに4時間攪拌を行ったのち、濾過、乾燥させた。これを800℃で12時間焼成したのち、所定量の平均粒系2 $\mu$ の炭酸リチウムを乾式で混合し、800℃で24時間焼成した。粉末X線回折測定より得られた化合物はスピネル構造であること、及び、SEM観察により結晶粒子は正八面体形状で大きさが良く揃っていることを確認した。生成物の化学組成分析結果、(400)面の半値幅、SEM観察による結晶粒子径、及び、BET比表面積を表1に示した。

## 【0030】

## 実施例2

( $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Ni}_{0.1}\text{O}_4$ の合成)

実施例2として、 $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Ni}_{0.1}\text{O}_4$ の合成を以下の方法によって行った。

## 【0031】

硫酸ニッケル0.054モル/Lの水溶液1Lに電解二酸化マンガンを87gを投入して60℃に加温しながら攪拌し、これに3wt%のアンモニア水100mlを約2時間かけて滴下しさらに4時間攪拌を行ったのち、濾過、乾燥させた。濾液は無色透明であることを確認した。これに、所定量の平均粒系2 $\mu$ の炭酸リチウムを乾式で混合し、800℃で24時間焼成した。粉末X線回折測定より得られた化合物はスピネル構造であること、及び、SEM観察により結晶粒子は正八面体形状で大きさが良く揃っていることを確認した。生成物の化学組成分析結果、(400)面の半値幅、SEM観察による結晶粒子径、及び、BET比表面積を表1に示した。

## 【0032】

## 実施例3

( $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Al}_{0.15}\text{O}_4$ の合成)

実施例3として、 $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Al}_{0.15}\text{O}_4$ を以下の方法によって行った

## 【0033】

硫酸アルミニウム 0.084 モル/L の水溶液 1 L に電解二酸化マンガン 87 g を投入して 90℃ に加温しながら攪拌し、これに 3 wt % のアンモニア水 100 ml を約 2 時間かけて滴下しさらに 4 時間攪拌を行ったのち、濾過、乾燥させた。これを 900℃ で 12 時間焼成したのち、所定量の平均粒系 2  $\mu$  の炭酸リチウムを乾式で混合し、900℃ で 24 時間焼成した。粉末 X 線回折測定より得られた化合物はスピネル構造であること、及び、SEM 観察により結晶粒子は正八面体形状で大きさが良く揃っていることを確認した。生成物の化学組成分析結果、(400) 面の半値幅、SEM 観察による結晶粒子径、及び、BET 比表面積を表 1 に示した。

## 【0034】

## 実施例 4

( $\text{Li}_{1.03}\text{Mn}_{1.74}\text{Al}_{0.23}\text{O}_4$  の合成)

実施例 4 として、Li 過剰量と Al 添加量とを変えた以外は実施例 3 と同様にして、 $\text{Li}_{1.03}\text{Mn}_{1.74}\text{Al}_{0.23}\text{O}_4$  の合成を行った。生成物の化学組成分析結果、(400) 面の半値幅、SEM 観察による結晶粒子径、及び、BET 比表面積を表 1 に示した。

## 【0035】

## 実施例 5

( $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Fe}_{0.15}\text{O}_4$  の合成)

実施例 5 として、 $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Fe}_{0.15}\text{O}_4$  を以下の方法によって行った。

## 【0036】

硫酸鉄 (II) 0.084 モル/L の水溶液 1 L に電解二酸化マンガン 87 g を投入して室温で攪拌した。このとき、攪拌を中断すると上澄み液は初め 2 価鉄の淡い緑色であったものが、1 時間の攪拌後には 3 価マンガン、あるいは、3 価の鉄イオンに由来する黄褐色になっていた。これは、2 価鉄と二酸化マンガンの酸化還元反応によるものであり、鉄イオンは二酸化マンガン粒子の表面に強く

作用しているものと考えられた。これに攪拌しながら 3 wt % のアンモニア水 100 ml を約 2 時間かけて滴下しさらに 4 時間攪拌を行ったのち、濾過、乾燥させた。濾液は無色透明であった。これを 800℃ で 12 時間焼成したのち、所定量の平均粒系 2  $\mu$  の炭酸リチウムを乾式で混合し、850℃ で 24 時間焼成した。粉末 X 線回折測定より得られた化合物はスピネル構造であること、及び、SEM 観察により結晶粒子は正八面体形状で大きさが良く揃っていることを確認した。生成物の化学組成分析結果、(400) 面の半値幅、SEM 観察による結晶粒子径、及び、BET 比表面積を表 1 に示した。

## 【0037】

## 実施例 6

( $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Mg}_{0.05}\text{Al}_{0.10}\text{O}_4$  の合成)

実施例 6 として、Mg 添加量と Al 添加量とを変えた以外は実施例 3 と同様にして、 $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Mg}_{0.05}\text{Al}_{0.10}\text{O}_4$  の合成を行った。生成物の化学組成分析結果、(400) 面の半値幅、SEM 観察による結晶粒子径、及び、BET 比表面積を表 1 に示した。

## 【0038】

## 比較例 1

比較例 1 として、実施例 1 と同様の組成となるように、水酸化マグネシウム、炭酸リチウム、電解二酸化マンガンを秤量し、乾式混合したのち、800℃ 24 時間の焼成を行い、 $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_4$  を合成した。SEM 観察より、結晶粒子は正八面体形状がよく発達したものであったが、5  $\mu$  以上の粗大粒子と 1  $\mu$  以下の微細粒子が入り混じったものであった。生成物の化学組成分析結果、(400) 面の半値幅、SEM 観察による結晶粒子径、及び、BET 比表面積を表 1 に示した。

## 【0039】

## 比較例 2

比較例 2 として、実施例 3 と同様の組成となるように、水酸化アルミニウム、炭酸リチウム、電解二酸化マンガンを秤量し、乾式混合したのち、900℃ 24 時間の焼成を行い  $\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Mg}_{0.05}\text{Al}_{0.10}\text{O}_4$  を合成した。SEM 観

察より、結晶粒子は正八面体形状がよく発達したものであったが、比較例 1 と同様に  $5\mu$  以上の粗大粒子と  $1\mu$  以下の微細粒子が入り混じったものであった。生成物の化学組成分析結果、(400) 面の半値幅、SEM 観察による結晶粒子径、及び、BET 比表面積を表 1 に示した。

【0040】

### 比較例 3

比較例 3 として、電解二酸化マンガンと炭酸リチウムを乾式で混合し、 $900^{\circ}\text{C}$  24 時間の焼成を行い  $\text{Li}_{1.10}\text{Mn}_{1.90}\text{O}_4$  を合成した。SEM 観察より、結晶粒子は正八面体形状がよく発達したものであったが、比較例 1 と同様に  $5\mu$  以上の粗大粒子と  $1\mu$  以下の微細粒子が入り混じったものであった。生成物の化学組成分析結果、(400) 面の半値幅、SEM 観察による結晶粒子径、及び、BET 比表面積を表 1 に示した。

【0041】

【表 1】

	化学組成	(400) 面 半値幅 ( $^{\circ}/\text{CuK}\alpha$ )	結晶粒子 平均径 ( $\mu\text{m}$ )	BET ( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )
実施例 1	$\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_4$	0.080	$< 2$	0.54
実施例 2	$\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Ni}_{0.1}\text{O}_4$	0.120	$< 2$	0.82
実施例 3	$\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Al}_{0.15}\text{O}_4$	0.160	$< 2$	0.51
実施例 4	$\text{Li}_{1.03}\text{Mn}_{1.74}\text{Al}_{0.23}\text{O}_4$	0.200	$< 2$	0.58
実施例 5	$\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Fe}_{0.15}\text{O}_4$	0.160	$< 2$	0.54
実施例 6	$\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Mg}_{0.05}\text{Al}_{0.10}\text{O}_4$	0.080	$< 2$	0.48
比較例 1	$\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.85}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_4$	0.080	$> 5$	0.68
比較例 2	$\text{Li}_{1.05}\text{Mn}_{1.80}\text{Al}_{0.15}\text{O}_4$	0.240	$> 5$	1.38
比較例 3	$\text{Li}_{1.10}\text{Mn}_{1.90}\text{O}_4$	0.240	$> 5$	0.54

### 【電池の構成】

実施例 1～6 及び比較例 1～2 で製造したリチウムマンガン複合酸化物を、導

電剤のポリテトラフルオロエチレンとアセチレンブラックとの混合物（商品名：TAB-2）を重量比で2：1になるように混合した。混合物の75mgを1ton $\cdot$ cm<sup>-2</sup>の圧力で、16mm $\phi$ のメッシュ（SUS316）上にペレット状に成形した後に、200℃で2時間の減圧乾燥処理を行った。

## 【0042】

これを正極に用いて、負極にはリチウム箔（厚さ0.2mm）から切り抜いたリチウム片を用いて、電解液にはプロピレンカーボネートと炭酸ジメチルの体積比1：2の混合溶媒に、六フッ化リン酸リチウムを1mol $\cdot$ dm<sup>-3</sup>の濃度に溶解した有機電解液を用いて、電極面積2cm<sup>2</sup>の電池を構成した。

## 【0043】

表2に、50℃における1サイクル目、10サイクル目、及び、50サイクル目の放電容量と容量維持率（50サイクル目容量／10サイクル目容量）を示した。

## 【0044】

【表2】

	放電容量 (mAh/g)			容量維持率 %	劣化率 %
	1 s t	1 0 t h	5 0 t h		
実施例 1	102	102	101	99.4	0.6
実施例 2	101	101	100	99.3	0.7
実施例 3	105	105	104	99.5	0.5
実施例 4	104	104	103	99.6	0.4
実施例 5	103	103	102	99.4	0.6
実施例 6	105	105	104	99.6	0.4
比較例 1	102	101	98	97.2	2.8
比較例 2	105	104	102	97.8	2.2
比較例 3	106	104	99	95.1	4.9

実施例1～6で合成したリチウムマンガン酸化物は、いずれも劣化率（＝1－



容量維持率)が1%未満と高い高温安定性を示した。一方、比較例1~2で合成したりチウムマンガン複合酸化物も比較例3と比較して高い高温安定性を示しMの添加効果は見られるが、その劣化率は2%以上であった。

# 【0045】

## 【発明の効果】

以上に示した通り、電解二酸化マンガンをマンガン原料として、あらかじめM (Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上)の金属塩水溶液中で攪拌しながらアルカリを加えて $Mn-M$ 複合酸化物スラリーを製造し、これにリチウム原料を加えて大気中、または、高濃度酸素雰囲気中(純粋酸素雰囲気を含む)、即ち、酸素濃度18~100%雰囲気中で焼成することによって、一般式 $Li_{1+X}Mn_{2-Y}M_YO_{4+\delta}$  (式中Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上であり、 $0.02 \leq X \leq 0.10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$ 、 $-0.2 \leq \delta \leq 0.2$ )で表され、CuK $\alpha$ による粉末X線回折の(400)面の半値幅が $0.22^\circ$ 以下のスピネル型結晶構造であり、SEM観察による結晶粒子の平均径が $2\mu$ 以下であるリチウムマンガン複合酸化物、及び、BET比表面積が $1.0\text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 以下のスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物が合成可能となり、これをリチウム二次電池の正極活物質に用いることで、従来の材料では達成することができなかった高温安定性が大幅に改良されたマンガン系リチウム二次電池が構成できることを見出した。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高温安定性が大幅に改良されたりチウムマンガン複合酸化物とその製造方法を提供する。さらに、このリチウムマンガン複合酸化物を正極活物質に用いることで、高温安定性に優れたマンガン系リチウム二次電池を提供する。

【解決手段】 一般式  $\text{Li}_{1+X}\text{Mn}_{2-Y}\text{M}_Y\text{O}_{4+\delta}$  (式中Mは第2、第3周期のIIa族、IIIB族、VIII族から選ばれる少なくとも一種以上であり、 $0.02 \leq X \leq 0.10$ 、 $0.05 \leq Y \leq 0.30$ 、 $-0.2 \leq \delta \leq 0.2$ ) で表され、CuK $\alpha$ による粉末X線回折の(400)面の半値幅が $0.22^\circ$ 以下のスピネル型結晶構造であり、そのSEM観察による結晶粒子の平均径が $2\mu$ 以下であるリチウムマンガン複合酸化物、及び、BET比表面積が $1.0\text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 以下のスピネル型結晶構造のリチウムマンガン複合酸化物とその製造方法及びそのリチウムマンガン酸化物を正極活物質に用いるリチウム二次電池。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-039799
受付番号	50100216916
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成13年 2月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 2月16日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003300]

1. 変更年月日 1990年12月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 山口県新南陽市開成町4560番地  
氏 名 東ソー株式会社